

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-003563  
(43)Date of publication of application : 14.01.1994

(51)Int.Cl. G02B 6/42

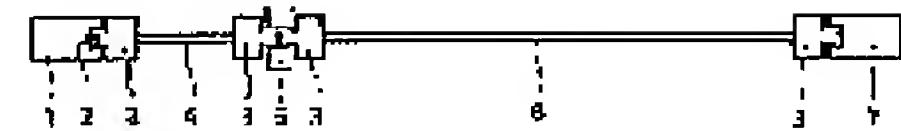
(21)Application number : 04-157952 (71)Applicant : ASAHI CHEM IND CO LTD  
(22)Date of filing : 17.06.1992 (72)Inventor : MUNEKUNI HAJIME

**(54) OPTICAL FIBER TRANSMISSION DEVICE**

(57) Abstract:

**PURPOSE:** To broaden the band width of the above device and to simplify its constitution by disposing an optical fiber for excitation between a light emitting element and an optical fiber for signal transmission and specifying the numerical apertures, refractive indices of cores, etc., of the respective optical fibers so as to satisfy specific relations.

**CONSTITUTION:** The signal transmission 4 for excitation is disposed between the light emitting element 2 and the optical fiber 6 for signal transmission. The relations of equation I and equation II are satisfied when the numerical aperture of the optical fiber 6 for signal transmission is NAs, the numerical aperture and major diameter of the optical fiber 4 for excitation are respectively NA<sub>I</sub> and L and the refractive index of the core and the major diameter of the core are respectively n<sub>1</sub> and D. The light emitted from the light emitting element 2 built into a module 1 for signal transmission is sent via a connector 3 connected by an adapter 5 to the optical fiber 6 for signal transmission. The light is then transmitted via the connector 3 to a signal transmission module 7.



NA<sub>5</sub>-KA 120. 05

$$L_s = \frac{D^2 (n_s^2 - NAI^2)}{NAI^2}$$

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 04.06.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3151053

[Date of registration] 19.01.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The optical fiber for excitation is arranged between a light emitting device and the optical fiber for signal transmissions. It is optical-fiber-transmission equipment with which incidence of the light which carried out outgoing radiation of said light emitting device is carried out to said optical fiber for signal transmissions via said optical fiber for excitation. The numerical aperture of said optical fiber for signal transmissions is NAs, and the numerical apertures and die length of said optical fiber for excitation are NAI and L, respectively, and the refractive index of a core and the diameter of a core are n1, respectively. It is [Equation 1], when it reaches and is D.

$$|NAs - NAI| \geq 0.05 \quad (1)$$

And [Equation 2]

$$L^2 \geq \frac{D^2 (n_1^2 - NAI^2)}{NAI^2} \quad (2)$$

Optical-fiber-transmission equipment characterized by coming out and filling a certain relational expression.

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

### [Detailed Description of the Invention]

#### [0001]

[Industrial Application] About optical-fiber-transmission equipment, even if this invention uses a plastic optical fiber with a big numerical aperture for a detail more, it relates to the optical-fiber-transmission equipment which can transmit a signal at high speed.

#### [0002]

[Description of the Prior Art] In transmitting a signal with a quartz fiber conventionally Since it was a single mode or GI mold multimode fiber, were suitable for mode dispersion transmitting a signal small at high speed. However, a quartz fiber is a narrow diameter, tends to break, and since the cost as the whole including connection construction increases, when the short distance to about 100m carries out the signal transmission of it, it is set. The plastic optical fiber of the step index mold with which both the core and the clad consisted of plastics has often come to be used.

[0003] Since the numerical aperture NA (numerical aperture) is large, and mode dispersion is large as compared with a quartz fiber, as for a plastic optical fiber, a transmission band becomes narrow. The plastic optical fiber being used with the transmission speed of current 6–10Mbps, and being used by several 10 Mbps(es) in a short distance is examined. Although the plastic optical fiber is enough and the place restricted to a light emitting device or an electronic circuitry is large in transmission speed if it is a transmission speed of this level, in the case of an optical fiber with a large numerical aperture NA, it is necessary to make bandwidth large like a plastic optical fiber as a technical problem when computerization progresses further from now on.

[0004] If the PMMA fiber of core diameter [ of 1mm ] phi is chosen, the relation between Excitation NA and a band is measured, and Excitation NA is large, higher-mode power will increase, pulse width will be expanded, and a band will become narrow. Moreover, it is shown that bandwidth is so wide that Excitation NA is small (the 10th fiber union research presentation meeting, 1984, 10, 11–12, the 70th page, IEC3, the band property of a plastic optical fiber, Katsuya Yamashita, Yoshinori Hatano, Yahei Oyamada).

[0005] Now, it is carried out by constituting the optical system which usually combined two or more lenses as an approach of restricting Excitation NA.

[0006] Moreover, although it differs from the case where a signal is transmitted, in the system of measurement of transmission loss, an exciter is arranged between the light source and a system-of-measurement-ed fiber, and incidence of the light is carried out to an optical fiber according to steady-state mode distribution. For that purpose, the method which twists two optical fibers around the typeface of 8, using a mandrel as a configuration of an exciter is proposed (JIS C 6863, all plastics multimode optical fiber loss test methods).

[0007] As an optical fiber of an exciter, the steady-state mode distribution of the optical fiber is attained using an optical fiber equivalent to a measuring beam-ed fiber.

#### [0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, if the optical system which combined the lens is constituted as an approach of restricting these excitation NA, a problem will be in operability, such as optical-axis doubling of a lens, and it will become a problem also in cost. If an exciter is constituted to the typeface of 8, steady-state mode distribution can be attained, but in order to round off a unnecessary optical fiber 10m or more to a signal transmission several times over and to put it on it, there is a problem that insertion losses, such as bending loss, are large further again.

[0009] Then, the purpose of this invention cancels the trouble mentioned above, its bandwidth is wide, and it is in offering the optical-fiber-transmission equipment with which the configuration was simplified.

#### [0010]

[Means for Solving the Problem] In order to attain such a purpose, the optical-fiber-transmission equipment of this invention The optical fiber for excitation is arranged between a light emitting device and the optical fiber for signal transmissions. It is optical-fiber-transmission equipment with which incidence of the light which carried out outgoing radiation of said light emitting device is carried out to said optical fiber for signal transmissions via said optical fiber for excitation. The numerical aperture of said optical fiber for signal transmissions is NAs, and

the numerical apertures and die length of said optical fiber for excitation are NAI and L, respectively, and the refractive index of a core and the diameter of a core are n1, respectively. It is [0011], when it reaches and is D. [Equation 3]

[Equation 3]  $NAs - NAI \geq 0.05$  (3) And [0012]

[Equation 4]

$$L^2 \geq \frac{D^2 (n_1^2 - NA_1^2)}{NA_1^2} \quad (4)$$

[0013] It is characterized by coming out and filling a certain relational expression.

[0014] There is especially no limit in the class of the optical fiber for signal transmissions used in this invention, and optical fiber for excitation.

[0015] The numerical aperture NAs of the optical fiber for signal transmissions of the effectiveness of this invention is so large that it is large. It is desirable that this NAs is 0.47 or more, and, as for NAs, it is still more desirable that it is 0.6 or more. When the light to which the light which carried out outgoing radiation of the light emitting device did not become a complicated system, but became the configuration simplified extremely, and carried out outgoing radiation of the light emitting device by combining two or more lenses etc. carries out incidence of the function of the optical fiber for excitation to the optical fiber for signal transmissions, it needs to narrow down Excitation NAI. It is required to be  $NAs - NAI \geq 0.05$ , in order to realize this. Excitation NAI cannot be narrowed down as it is  $NAs - NAI < 0.05$ . The magnitude of this difference is determined by the transmission speed of the light demanded. It is [0016], referring to drawing 1.

[Equation 5]

$$L_2 \geq D_2 \times (n_{12} - NAI_2) / NAI_2 \quad (5)$$

The \*\*\*\*\* approach is explained.

[0017] the refractive index of the core of the optical fiber for excitation -- the refractive index of the clad of n1 and the optical fiber for excitation -- n2 Then, the maximum light-receiving angle theta 0 [it is -- numerical aperture NAI -- 0018]

[Equation 6]

$$NAI = \sin \theta_0 = \sqrt{n_{12} - n_2^2} \quad (6)$$

It becomes. It is the angle of refraction of the optical fiber for excitation theta 1 It is [0019] when carrying out.

[Equation 7]

$$\frac{\sin \theta_0}{\sin \theta_1} = n_1 \quad (7)$$

[0020] It comes out. It is Lmin about the minimum die length of an optical fiber for D and a laser beam to carry out total reflection of the core diameter of the optical fiber for excitation once. It is [0021] when it carries out.

[Equation 8]

$$\sin \theta_1 = \frac{D^2}{\sqrt{(L_{min}^2 + D^2)}} \quad (8)$$

[0022] It becomes. Therefore, it is [0023] from (6) types, (7) types, and (8) types.

[Equation 9]

$$NA_1 = \sin \theta_0 = n_1 \sin \theta_1 = \frac{n_1 D}{\sqrt{(L_{min}^2 + D^2)}} \quad (9)$$

[0024] It becomes. Therefore, [0025]

[Equation 10]

$$NA_1^2 = \frac{n_1^2 D^2}{L_{min}^2 + D^2} \quad (10)$$

[0026] It comes out. (10) a formula -- L2 min \*\*\*\*\* -- it is as follows when it solves.

[0027]

[Equation 11]

$$L_{min}^2 = \frac{D^2 (n_1^2 - NA_1^2)}{NA_1^2} \quad (11)$$

[0028] Therefore, it is [0029] in order to pass the optical fiber for excitation of die-length L.

[Equation 12]

$$L^2 \geq L_{min}^2 = \frac{D^2 (n_1^2 - NA_1^2)}{NA_1^2} \quad (12)$$

[0030] It comes out and a certain thing is required.

[0031] The transmission equipment of this invention is constituted as shown in drawing 2 . The light which carried out outgoing radiation is sent to the optical fiber 4 for excitation through a connector 3 from the light emitting device 2 included in the module 1 for transmission. Thus, the sent light is sent to the optical fiber 6 for signal transmissions through the connector 3 connected by the adapter 5. Next, light is sent to the dispatch module 7 through a connector 3.

[0032] Moreover, the transmission equipment of the optical fiber of this invention may be constituted as shown in drawing 3 .

[0033] According to the configuration shown in drawing 3 , the light which carried out outgoing radiation of the light emitting device 2 included in the module 1 for transmission is sent to the optical fiber workpiece 8 for excitation. The light which passed this workpiece 8 is sent to the optical fiber 6 for signal transmissions through a connector 3. The light which passed this optical fiber 6 reaches the receiving module 7 through a connector 3. The optical fiber 9 for excitation is inserted in a supporter 10 like resin or a metal, is processed, and the optical fiber workpiece 8 for excitation shown in drawing 3 manufactures it, as shown in drawing 4 .

[0034]

[Function] According to this invention, even if it uses a plastic optical fiber with a big numerical aperture as an optical fiber for signal transmissions, this optical fiber for signal transmissions can transmit a signal in a far large transmission band rather than the transmission band which it originally has. Moreover, since the optical system which combined two or more lenses with restricting excitation numerical aperture is not used according to this invention, a configuration is simplified.

[0035]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained to a detail.

[0036] The pulse method was used as one approach for measuring the transmission band called for in each example. The block diagram of the system of measurement of this pulse method is shown in drawing 5 .

[0037] The pulse generated in the pulse generator 11 is transmitted to LD (Laser Diode)13 through a driver 12. What has a speed of response quick as this LD was used. At the time of an actual signal transmission, the light source which is easy to deal with LED etc. if needed may be used. The light which carries out outgoing radiation from LD13 passes the optical fiber 14 for excitation, and the plastic optical fiber 15 for signal transmissions, Si-APD (avalanche photo diode)16 is reached, and light is changed into an electrical signal from optical reinforcement. This electrical signal is sent to a sampling oscilloscope 18 through amplifier 17.

[0038] On the other hand, the pulse from a pulse generator 11 is sent to a sampling oscilloscope 18 as a trigger signal through the after-generation machine 19.

[0039] The fast Fourier transform of the pulse shape of incident light and the pulse shape of outgoing radiation light which were sent to the sampling oscilloscope 18 was carried out by computer 20, they asked for each frequency spectrum, asked for the transfer function further from the ratio, and calculated the transfer band from the value from which optical power is set to one half.

[0040] As an optical fiber for example 1 signal transmissions, the PMMA system plastic optical fiber (Asahi Chemical Industry Co., Ltd. make FC1000) whose covering outer diameter the diameter of numerical-aperture NA=0.5 and a fiber is 1.0mmphi, and is 2.2mmphi was used by die length of 10m.

[0041] The PMMA system plastic optical fiber 2.2mmphi and whose die length 1.0mmphi and a covering outer diameter are 1m for numerical-aperture NA=0.28 and a diameter was used for the optical fiber for excitation.

[0042] LD with an oscillation wavelength of 780nm was used as a light emitting device.

[0043] The end face of a light emitting device and the optical fiber for excitation set the optical axis, and was contacted lightly. Other end faces of optical FABA for excitation and the end face of the optical fiber for signal transmissions were connected by the adapter for fiber two fibers using FC connector.

[0044] The transmission band measured with the above-mentioned pulse method was 600MHz.

[0045] As an optical fiber for example 2 signal transmissions, the PMMA system plastic optical fiber (Asahi Chemical Industry Co., Ltd. make FC1000) whose covering outer diameter the diameter of numerical-aperture NA=0.5 and a fiber is 1.0mmphi, and is 2.2mmphi was used by die length of 10m.

[0046] The PMMA system plastic optical fiber 2.2mmphi and whose die length 1.0mmphi and a covering outer diameter are 1m for numerical-aperture NA=0.37 and a diameter was used for the optical fiber for excitation.

[0047] LD with an oscillation wavelength of 780nm was used as a light emitting device.

[0048] The end face of a light emitting device and the optical fiber for excitation set the optical axis, and was contacted lightly. Other end faces of the optical fiber for excitation and the end face of the optical fiber for signal transmissions were connected by the adapter for fiber two fibers using FC connector.

[0049] The transmission band measured with the above-mentioned pulse method was 450MHz.

[0050] As an optical fiber for example 3 signal transmissions, the PMMA system plastic optical fiber (Asahi Chemical Industry Co., Ltd. make FC1000) whose covering outer diameter the diameter of numerical-aperture NA=0.5 and a fiber is 1.0mmphi, and is 2.2mmphi was used by die length of 10m.

[0051] The following optical fiber workpiece was used for the optical fiber for excitation. A diameter fills up with the configuration the supporter made from PBT which has the centrum whose die length is 6mm in 1.05mm about the PMMA system plastic optical fiber numerical-aperture NA=0.28 and whose diameter are 1.0mmphi. 780nm LD was used as a light emitting device.

[0052] The end face of a light emitting device and the optical fiber for transparent materials set the optical axis, and was contacted lightly. Other end faces of the optical fiber for excitation and the end face of the optical fiber for signal transmissions set the optical axis similarly, and contacted lightly.

[0053] The transmission band measured with the above-mentioned pulse method was 580MHz.

[0054] It was different in example of comparison 1 example 1, the optical fiber for excitation was removed, and the transmission band was measured on the same conditions except for the point of having set the optical axis and having contacted lightly the end face of a direct light emitting device and the optical fiber for signal transmissions.

[0055] It is 310MHz, it compares with the transmission band of an example 1, and a transmission band is \*\*\*\*\*.

[0056] As an optical fiber for example 4 signal transmissions, the polycarbonate system plastic optical fiber whose covering outer diameter the diameter of numerical-aperture NA=0.78 and a fiber is 1.0mmphi, and is 2.2mmphi was used by die length of 10m.

[0057] The PMMA system plastic optical fiber 2.2mmphi and whose die length 1.0mmphi and a covering outer diameter are 0.5m for numerical-aperture NA=0.5 and a diameter was used for the optical fiber for excitation.

[0058] LD with an oscillation wavelength of 780nm was used as a light emitting device.

[0059] The end face of a light emitting device and the optical fiber for transparent materials set the optical axis, and was contacted lightly. The end face of other end faces of the optical fiber for transparent materials and the optical fiber for signal transmissions was connected by the adapter for fiber two fibers using FC connector.

[0060] The transmission band measured with the above-mentioned pulse method was 320MHz.

[0061] As an optical fiber for example 5 signal transmissions, the polycarbonate system plastic optical fiber whose covering outer diameter the diameter of numerical-aperture NA=0.78 and a fiber is 1.0mmphi, and is 2.2mmphi was used by die length of 10m.

[0062] The following optical fiber workpiece was used for the optical fiber for excitation. A diameter fills up with the configuration the supporter which has the centrum made from brass whose die length is 4mm in 1.05mm about the PMMA system plastic optical fiber numerical-aperture NA=0.5 and whose diameter are 1.0mmphi.

[0063] LD with an oscillation wavelength of 780nm was used as a light emitting device.

[0064] The end face of a light emitting device and the optical fiber for transparent materials set the optical axis, and was contacted lightly. Other end faces of the optical fiber for excitation and the end face of the optical fiber for signal transmissions set the optical axis similarly, were contacted lightly, and were connected.

[0065] The transmission band measured with the above-mentioned pulse method was 310MHz.

[0066] It was different in example of comparison 2 example 4, the optical fiber for excitation was removed, and the transmission band was measured on the same conditions except for the point of having set the optical axis and having contacted lightly the end face of a direct light emitting device and the optical fiber for signal transmissions.

[0067] It is 200MHz, it compares with the transmission band of an example 4, and a transmission band is \*\*\*\*\*.

[0068]

[Effect of the Invention] As explained above, even if it uses a plastic optical fiber with a big numerical aperture as an optical fiber for signal transmissions, this optical fiber for signal transmissions can transmit a signal in a far large transmission band rather than the transmission band which it originally has. Moreover, since the optical system which combined two or more lenses with restricting excitation numerical aperture is not used according to this invention, a configuration is simplified.

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

**[Brief Description of the Drawings]**

**[Drawing 1]** It is an explanatory view for deriving the conditions for narrowing down light into the optical fiber for excitation.

**[Drawing 2]** It is the block diagram showing one example of the transmission equipment of the optical fiber concerning this invention.

**[Drawing 3]** It is the block diagram showing other examples of the transmission equipment of the optical fiber concerning this invention.

**[Drawing 4]** It is the mimetic diagram showing the workpiece of the optical fiber for excitation.

**[Drawing 5]** It is the block diagram showing the system of measurement of the pulse method for asking for a transmission band.

**[Description of Notations]**

1 Module for Transmission

2 Light Emitting Device

3 Connector

4 Optical Fiber for Excitation

5 Adapter

6 Optical Fiber for Signal Transmissions

7 Receiving Module

8 Optical Fiber Workpiece for Excitation

9 Optical Fiber for Excitation

10 Supporter

11 Pulse Generator

12 Driver

13 LD

14 Optical Fiber for Excitation

15 Optical Fiber for Signal Transmissions

16 Si-APD

17 Amplifier

18 Sampling Oscilloscope

19 After-generation Machine

20 Computer

**[Translation done.]**

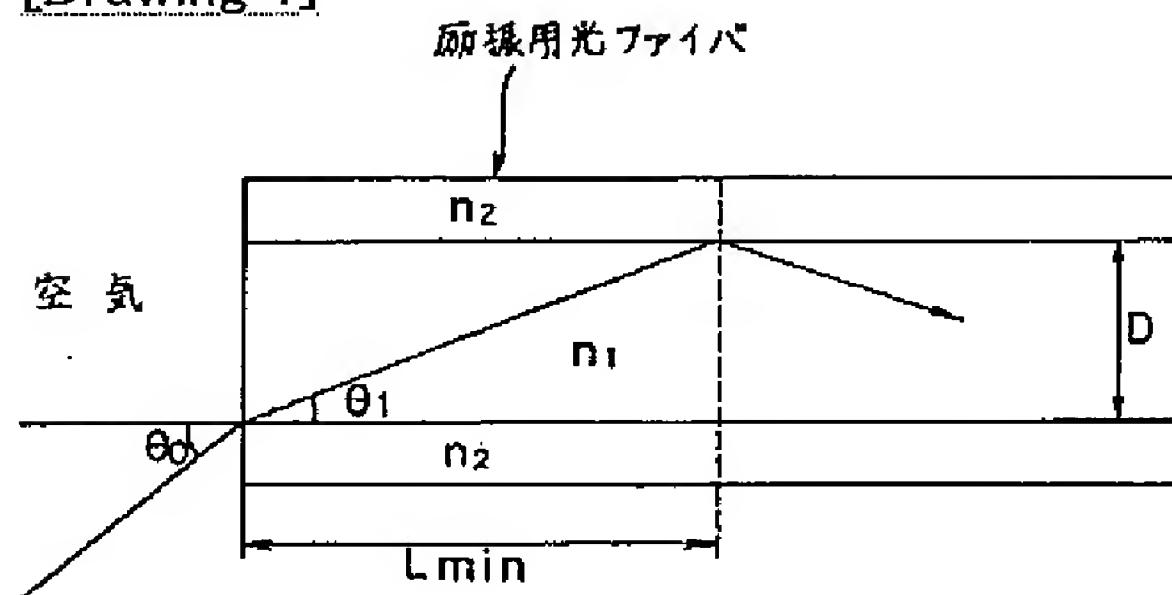
\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

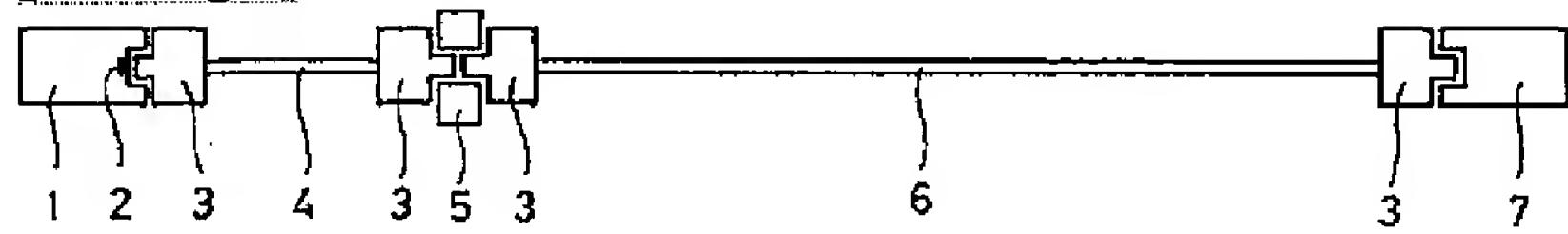
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

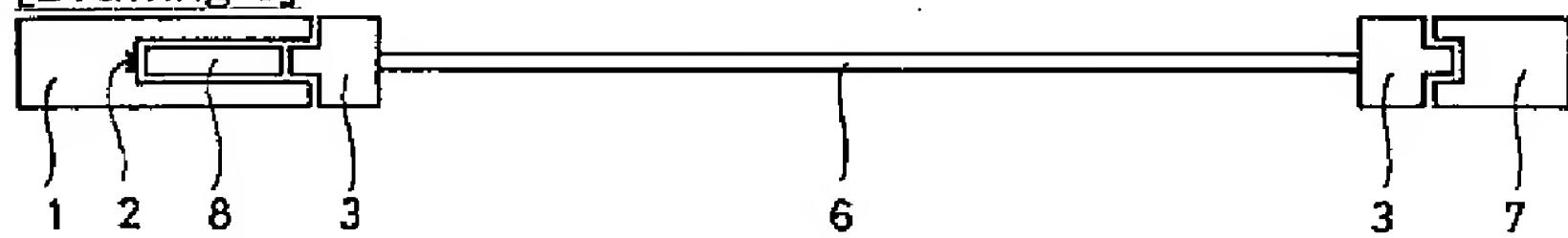
[Drawing 1]



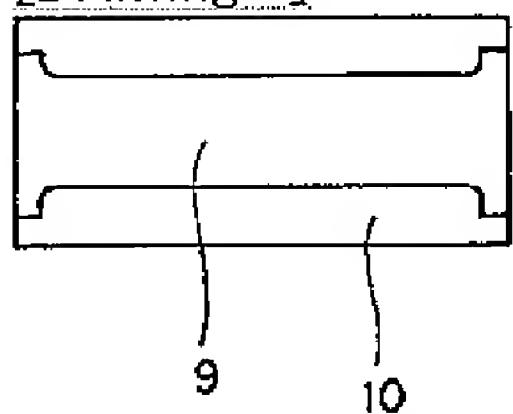
[Drawing 2]



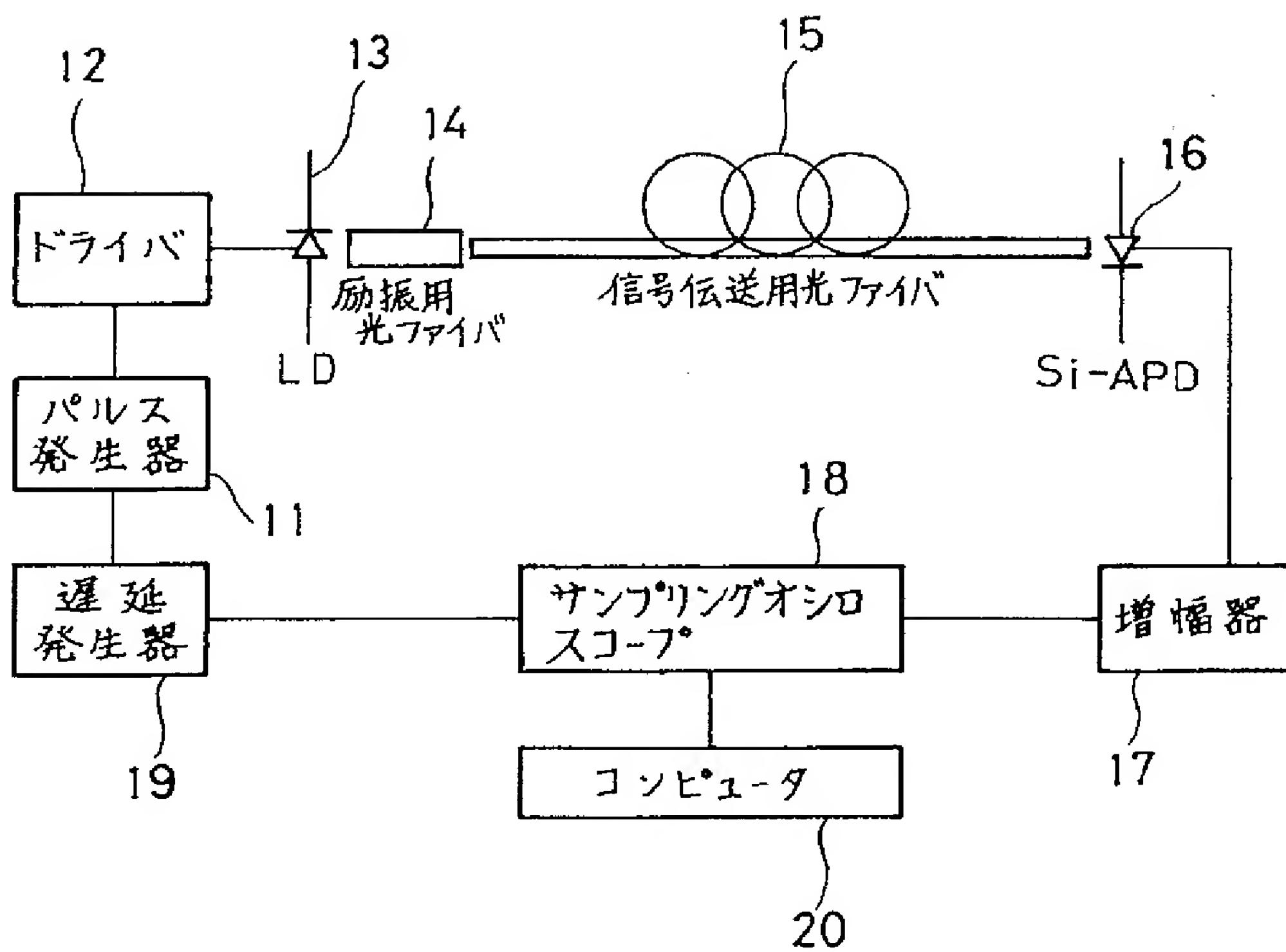
[Drawing 3]



[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-3563

(43)公開日 平成6年(1994)1月14日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 2 B 6/42

識別記号

庁内整理番号

7132-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数1(全7頁)

(21)出願番号

特願平4-157952

(71)出願人 000000033

旭化成工業株式会社

大阪府大阪市北区堂島浜1丁目2番6号

(22)出願日 平成4年(1992)6月17日

(72)発明者 宗國 肇

千葉県君津郡袖ヶ浦町中袖5番1 旭化成  
工業株式会社内

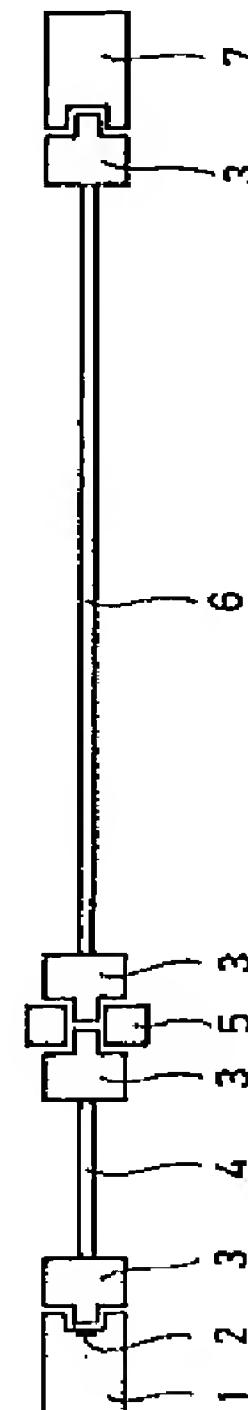
(74)代理人 弁理士 谷 義一

(54)【発明の名称】光ファイバ伝送装置

(57)【要約】

【目的】開口数NAが大きな光ファイバにおいても帯域幅が広く、構成が簡略化された光ファイバ伝送装置を提供する。

【構成】発光素子2と信号伝送用光ファイバ6との間に、信号伝送用光ファイバ6の開口数より0.05より小さい開口数を有する励振用光ファイバ4を配置して、発光素子2を出射した光が励振用光ファイバ4を経由して信号伝送用光ファイバ6に入射させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 発光素子と信号伝送用光ファイバとの間に励振用光ファイバが配置され、前記発光素子を出射した光が前記励振用光ファイバを経由して前記信号伝送用光ファイバに入射される光ファイバ伝送装置であって、\*

$$NA_s - NA_1 \geq 0.05$$

および

$$L^2 \geq \frac{D^2 (n_1^2 - NA_1^2)}{NA_1^2}$$

である関係式が満たされていることを特徴とする光ファイバ伝送装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は光ファイバ伝送装置に関し、より詳細には開口数の大きなプラスチック光ファイバを用いても高速で信号を伝送することができる光ファイバ伝送装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、石英ファイバで信号を伝送する場合には、シングルモードあるいはG I型マルチモードファイバであるため、モード分散が小さく高速で信号を伝送するのに適していた。しかし、石英ファイバは細径であり、折れやすく、接続施工を含めた全体としての経費がかさむため、100m程度までの短距離の信号伝送する場合においては、コア、クラッドのいずれもプラスチックで構成されたステップインデックス型のプラスチック光ファイバがよく使用されるようになってきた。

【0003】プラスチック光ファイバは開口数NA (numerical aperture) が大きいので、石英ファイバと比較してモード分散が大きいため伝送帯域が狭くなる。プラスチック光ファイバは現在6~10M b p s の伝送速度で使用されており、短い距離では數10M b p s で使用されることが検討されている。この程度の伝送速度であれば、伝送速度的にはプラスチック光ファイバは充分であり、発光素子あるいは電子回路に制限されるところが大きいが、これから情報化がさらに進んだ時の課題として、プラスチック光ファイバのように開口数NAの大きい光ファイバの場合、帯域幅を広くする必要がある。

【0004】コア径1mmのPMMAファイバを選択し励振NAと帯域との関係を測定すると、励振NAが大きいと高次モードパワーが増加してパルス幅が拡大し帯域は狭くなる。また、励振NAが小さいほど帯域幅は広いことが示されている(第10回纖維連合研究発表会、1984、10、11~12、第70頁、IEC3、プラスチック光ファイバの帯域特性、山下克也、羽田野吉紀、小山田弥平)。

$$NA_s - NA_1 \geq 0.05$$

および

\*前記信号伝送用光ファイバの開口数がNA<sub>s</sub>であり、前記励振用光ファイバの開口数および長さが、それぞれ、NA<sub>1</sub>およびLであり、かつ、コアの屈折率およびコアの直径が、それぞれ、n<sub>1</sub>およびDである時、

## 【数1】

(1)

## 【数2】

(2)

※【0005】さて、励振NAを制限する方法としては、通常複数のレンズを組み合せた光学系を構成することによって行われている。

【0006】また、信号を伝送する場合とは異なるが、伝送損失の測定系では、光源と被測定系ファイバとの間に励振器を配置して、光ファイバに定常モード分布で光を入射させる。そのためには、励振器の構成として、マンドレルを2本用いて光ファイバを8の字形に巻き付ける方式が提案されている(JIS C 6863、全プラスチックマルチモード光ファイバ損失試験方法)。

【0007】励振器の光ファイバとしては、被測定光ファイバと同等の光ファイバを用いて、その光ファイバの定常モード分布を達成する。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、これらの励振NAを制限する方法として、レンズを組み合せた光学系を構成すると、レンズの光軸合わせなどの操作性に問題があり、コスト的にも問題となる。さらにまた、8の字形に励振器を構成すると、定常モード分布を達成することができるが、信号伝送には不用の10m以上の光ファイバを幾重にも丸めて重ねるため、曲げ損失などの挿入損失が大きいという問題がある。

【0009】そこで、本発明の目的は上述した問題点を解消し、帯域幅が広く、構成が簡略化された光ファイバ伝送装置を提供することにある。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、本発明の光ファイバ伝送装置は、発光素子と信号伝送用光ファイバとの間に励振用光ファイバが配置され、前記発光素子を出射した光が前記励振用光ファイバを経由して前記信号伝送用光ファイバに入射される光ファイバ伝送装置であって、前記信号伝送用光ファイバの開口数がNA<sub>s</sub>であり、前記励振用光ファイバの開口数および長さが、それぞれ、NA<sub>1</sub>およびLであり、かつ、コアの屈折率およびコアの直径が、それぞれ、n<sub>1</sub>およびDである時、

## 【0011】

## 【数3】

(3)

50 【0012】

【数4】

$$L^2 \geq \frac{D^2 (n_1^2 - NA_1^2)}{NA_1^2} \quad (4)$$

【0013】である関係式が満たされていることを特徴とする。

【0014】本発明において用いる信号伝送用光ファイバおよび励振用光ファイバの種類には特に制限はない。

【0015】信号伝送用光ファイバの開口数NA<sub>s</sub>は大きい程本発明の効果は大きい。このNA<sub>s</sub>は0.47以上であることが好ましくNA<sub>s</sub>は0.6以上であることがさらに好ましい。励振用光ファイバの機能は、発光素子を出射した光が、複数のレンズを組み合せることなどにより複雑な系にならず、極めて簡略化された構成とな\*

$$L^2 \geq D^2 \times (n_1^2 - NA_1^2) / NA_1^2 \quad (5)$$

の導出方法について説明する。

【0017】励振用光ファイバのコアの屈折率をn<sub>1</sub>、

励振用光ファイバのクラッドの屈折率をn<sub>2</sub>とすれば最※

$$NA_1 = \sin \theta_0 = \sqrt{(n_1^2 - n_2^2)} \quad (6)$$

となる。励振用光ファイバの屈折角をθ<sub>1</sub>とする時、 20★【数7】

【0019】

$$\frac{\sin \theta_0}{\sin \theta_1} = n_1 \quad (7)$$

【0020】である。励振用光ファイバのコア径をD、

レーザ光が1回全反射するための光ファイバの最小の長

さをL<sub>min</sub>とすると、

$$\sin \theta_1 = \frac{D^2}{\sqrt{(L_{min}^2 + D^2)}} \quad (8)$$

【0022】となる。従って、(6)式、(7)式、および(8)式より、

$$NA_1 = \sin \theta_0 = n_1 \sin \theta_1 = \frac{n_1 D}{\sqrt{(L_{min}^2 + D^2)}} \quad (9)$$

【0024】となる。従って、

【0025】

$$NA_1^2 = \frac{n_1^2 D^2}{L_{min}^2 + D^2} \quad (10)$$

【0026】である。(10)式をL<sub>min</sub>について解くと次のようになる。

$$L_{min}^2 = \frac{D^2 (n_1^2 - NA_1^2)}{NA_1^2} \quad (11)$$

【0028】よって、長さLの励振用光ファイバを通過するためには、

$$L^2 \geq L_{min}^2 = \frac{D^2 (n_1^2 - NA_1^2)}{NA_1^2} \quad (12)$$

\*り、発光素子を出射した光が信号伝送用光ファイバへ入射する時、励振NA<sub>1</sub>を絞り込むことが必要である。このことを実現するためには、NA<sub>s</sub>-NA<sub>1</sub>≥0.05であることが必要である。NA<sub>s</sub>-NA<sub>1</sub><0.05であると励振NA<sub>1</sub>を絞り込むことができない。この差の大きさは要求される光の伝送速度によって決定される。図1を参照しつつ、

【0016】

【数5】

※大受光角θ<sub>0</sub>である開口数NA<sub>1</sub>は、

【0018】

【数6】

$$NA_1 = \sin \theta_0 = \sqrt{(n_1^2 - n_2^2)} \quad (6)$$

となる。励振用光ファイバの屈折角をθ<sub>1</sub>とする時、 20★【数7】

★

☆【0021】

【数8】

★

$$\sin \theta_1 = \frac{D^2}{\sqrt{(L_{min}^2 + D^2)}} \quad (8)$$

◆【0023】

◆【数9】

$$NA_1 = \sin \theta_0 = n_1 \sin \theta_1 = \frac{n_1 D}{\sqrt{(L_{min}^2 + D^2)}} \quad (9)$$

\*【数10】

\*

$$NA_1^2 = \frac{n_1^2 D^2}{L_{min}^2 + D^2} \quad (10)$$

※【0027】

※【数11】

$$L_{min}^2 = \frac{D^2 (n_1^2 - NA_1^2)}{NA_1^2} \quad (11)$$

【0029】

【数12】

$$L^2 \geq L_{min}^2 = \frac{D^2 (n_1^2 - NA_1^2)}{NA_1^2} \quad (12)$$

【0030】であることが必要である。

【0031】本発明の伝送装置は、例えば、図2に示すように構成する。送信用モジュール1に組み込まれた発光素子2から出射した光はコネクタ3を介して励振用光ファイバ4に送られる。このように送られた光は、アダプタ5によって接続されたコネクタ3を介して信号伝送用光ファイバ6に送られる。次に、光はコネクタ3を介して発信モジュール7に送られる。

【0032】また、本発明の光ファイバの伝送装置は図3に示すように構成してもよい。

【0033】図3に示す構成によれば、送信用モジュール1に組み込まれた発光素子2を出射した光は励振用光ファイバ加工品8に送られる。この加工品8を通過した光は、コネクタ3を介して信号伝送用光ファイバ6に送られる。この光ファイバ6を通過した光はコネクタ3を介して受信モジュール7に到達する。図3に示した励振用光ファイバ加工品8は、図4に示すように、励振用光ファイバ9を樹脂または金属のような保持体10に挿入して加工して製造する。

#### 【0034】

【作用】本発明によれば、開口数の大きなプラスチック光ファイバを信号伝送用光ファイバとして用いても、この信号伝送用光ファイバが本来有している伝送帯域よりも、はるかに広い伝送帯域において信号を伝送することができる。また、本発明によれば、励振開口数を制限するのに、複数のレンズを組み合わせた光学系を用いることがないので、構成が簡略化される。

#### 【0035】

【実施例】以下、本発明の実施例を詳細に説明する。

【0036】各実施例において求められる伝送帯域を測定するための1方法としてパルス法を用いた。このパルス法の測定系の構成図を図5に示す。

【0037】パルス発生器11において発生したパルスはドライバ12を介してLD(Laser Diode)13に送信される。このLDとしては応答速度の速いものを用いた。実際の信号伝送時には、必要に応じてLEDなど取り扱いやすい光源を用いることがある。LD13から出射する光は励振用光ファイバ14および信号伝送用プラスチック光ファイバ15を通過して、Si-APD(avalanche photo diode)16に到達して、光は光強度から電気信号に変換される。この電気信号は増幅器17を介してサンプリングオシロスコープ18に送られる。

【0038】一方、パルス発生器11からのパルスは遅延発生器19を介してトリガ信号としてサンプリングオシロスコープ18に送られる。

【0039】サンプリングオシロスコープ18に送られた入射光のパルス波形と出射光のパルス波形は、コンピュータ20により高速フーリエ変換され、それぞれの周波数スペクトルを求め、その比から伝達関数をさらに求

めて、光パワーが1/2となる値から伝達帯域を求めた。

#### 【0040】実施例1

信号伝送用光ファイバとして、開口数NA=0.5、ファイバの直径が1.0mmφ、被覆外径が2.2mmφであるPMMA系プラスチック光ファイバ(旭化成工業株式会社製 FC1000)を、長さ10mで使用した。

【0041】励振用光ファイバは、開口数NA=0.28、直径が1.0mmφ、被覆外径が2.2mmφ、長さが1mであるPMMA系プラスチック光ファイバを使用した。

【0042】発光素子として、発振波長780nmのLDを使用した。

【0043】発光素子と励振用光ファイバとの端面は光軸を合わせて軽く接触させた。励振用光ファイバの他の端面と信号伝送用光ファイバの端面はFCコネクタを使用してファイバツーファイバ用アダプタにより接続した。

【0044】上記のパルス法により測定した伝送帯域は600MHzであった。

#### 【0045】実施例2

信号伝送用光ファイバとして、開口数NA=0.5、ファイバの直径が1.0mmφ、被覆外径が2.2mmφであるPMMA系プラスチック光ファイバ(旭化成工業株式会社製 FC1000)を、長さ10mで使用した。

【0046】励振用光ファイバは、開口数NA=0.37、直径が1.0mmφ、被覆外径が2.2mmφ、長さが1mであるPMMA系プラスチック光ファイバを使用した。

【0047】発光素子として、発振波長780nmのLDを使用した。

【0048】発光素子と励振用光ファイバとの端面は光軸を合わせて軽く接触させた。励振用光ファイバの他の端面と信号伝送用光ファイバの端面はFCコネクタを使用してファイバツーファイバ用アダプタにより接続した。

【0049】上記のパルス法により測定した伝送帯域は450MHzであった。

#### 【0050】実施例3

信号伝送用光ファイバとして、開口数NA=0.5、ファイバの直径が1.0mmφ、被覆外径が2.2mmφであるPMMA系プラスチック光ファイバ(旭化成工業株式会社製 FC1000)を、長さ10mで使用した。

【0051】励振用光ファイバは、次の光ファイバ加工品を使用した。その構成は開口数NA=0.28、直径が1.0mmφであるPMMA系プラスチック光ファイバを、直径が1.05mmで長さが6mmである中空部を有するPBT製の保持体に充填したものである。発光

素子として、780 nmのLDを使用した。

【0052】発光素子と導光体用光ファイバとの端面は光軸を合わせて軽く接触させた。励振用光ファイバの他の端面と信号伝送用光ファイバの端面も同様に光軸を合わせて軽く接触した。

【0053】上記のパルス法により測定した伝送帯域は580 MHzであった。

#### 【0054】比較例1

実施例1とは違って、励振用光ファイバを取り除いて、直接発光素子と信号伝送用光ファイバの端面を光軸を合わせて軽く接触させた点を除いて、同じ条件で伝送帯域の測定を行った。

【0055】伝送帯域は310 MHzであり、実施例1の伝送帯域と比較して狭った。

#### 【0056】実施例4

信号伝送用光ファイバとして、開口数NA=0.78、ファイバの直径が1.0 mmφ、被覆外径が2.2 mmφであるポリカーボネイト系プラスチック光ファイバを、長さ10 mで使用した。

【0057】励振用光ファイバは、開口数NA=0.5、直径が1.0 mmφ、被覆外径が2.2 mmφおよび長さが0.5 mであるPMMA系プラスチック光ファイバを使用した。

【0058】発光素子として、発振波長780 nmのLDを使用した。

【0059】発光素子と導光体用光ファイバとの端面は光軸を合わせて軽く接触させた。導光体用光ファイバの他の端面と信号伝送用光ファイバとの端面はFCコネクタを使用してファイバツーファイバ用アダプタにより接続した。

【0060】上記のパルス法により測定した伝送帯域は320 MHzであった。

#### 【0061】実施例5

信号伝送用光ファイバとして、開口数NA=0.78、ファイバの直径が1.0 mmφ、被覆外径が2.2 mmφであるポリカーボネイト系プラスチック光ファイバを、長さ10 mで使用した。

【0062】励振用光ファイバは、次の光ファイバ加工品を使用した。その構成は開口数NA=0.5、直径が1.0 mmφであるPMMA系プラスチック光ファイバを、直径が1.05 mmで長さが4 mmである真鍮製の中空部を有する保持体に充填したものである。

【0063】発光素子として、発振波長780 nmのLDを使用した。

【0064】発光素子と導光体用光ファイバとの端面は光軸を合わせて軽く接触させた。励振用光ファイバの他の端面と信号伝送用光ファイバの端面も同様に光軸を合わせて軽く接触させて接続した。

【0065】上記のパルス法により測定した伝送帯域は

310 MHzであった。

#### 【0066】比較例2

実施例4とは違って、励振用光ファイバを取り除いて、直接発光素子と信号伝送用光ファイバの端面を光軸を合わせて軽く接触させた点を除いて、同じ条件で伝送帯域の測定を行った。

【0067】伝送帯域は200 MHzであり、実施例4の伝送帯域と比較して狭った。

#### 【0068】

10 【発明の効果】以上説明したように、開口数の大きなプラスチック光ファイバを信号伝送用光ファイバとして用いても、この信号伝送用光ファイバが本来有している伝送帯域よりも、はるかに広い伝送帯域において信号を伝送することができる。また、本発明によれば、励振開口数を制限するのに、複数のレンズを組み合わせた光学系を用いることがないので、構成が簡略化される。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】光を励振用光ファイバ内に絞り込むための条件を導出するための説明図である。

20 【図2】本発明に係わる光ファイバの伝送装置の一実施例を示す構成図である。

【図3】本発明に係る光ファイバの伝送装置の他の実施例を示す構成図である。

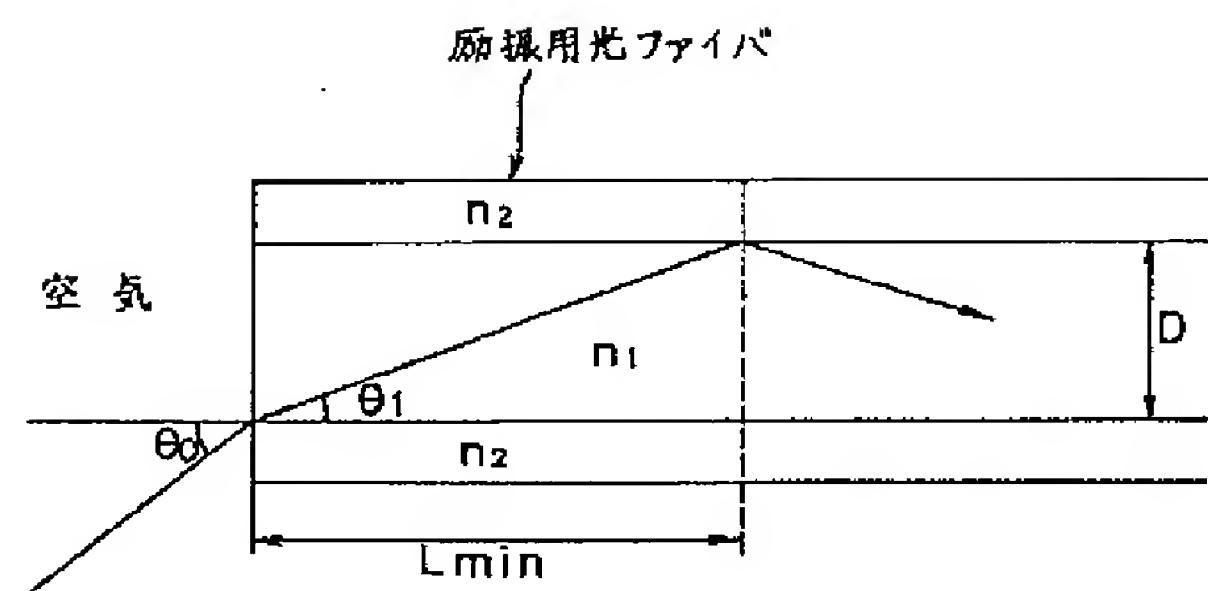
【図4】励振用光ファイバの加工品を示す模式図である。

【図5】伝送帯域を求めるためのパルス法の測定系を示す構成図である。

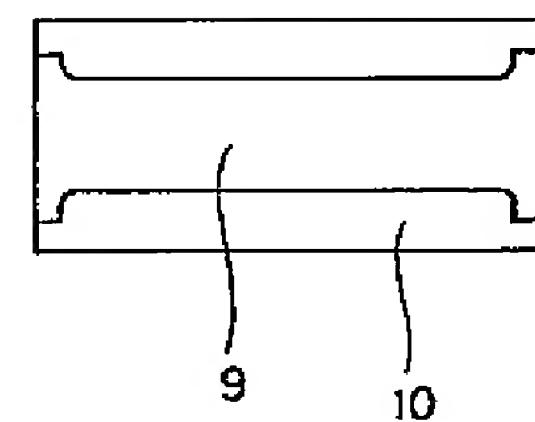
#### 【符号の説明】

- 1 送信用モジュール
- 2 発光素子
- 3 コネクタ
- 4 励振用光ファイバ
- 5 アダプタ
- 6 信号伝送用光ファイバ
- 7 受信モジュール
- 8 励振用光ファイバ加工品
- 9 励振用光ファイバ
- 10 保持体
- 11 パルス発生器
- 12 ドライバ
- 13 LD
- 14 励振用光ファイバ
- 15 信号伝送用光ファイバ
- 16 Si-APD
- 17 増幅器
- 18 サンプリングオシロスコープ
- 19 遅延発生器
- 20 コンピュータ

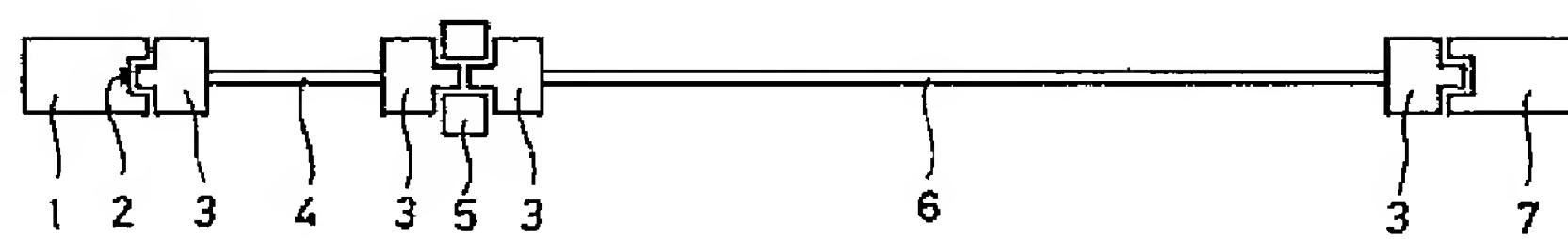
【図1】



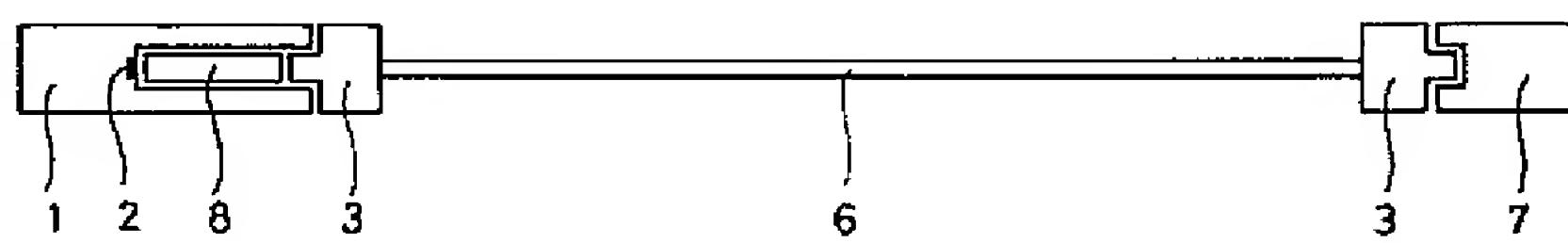
【図4】



【図2】



【図3】



【図5】

